

付録A エージェントについて

A. 1 エージェントの仕様

会話の代用として用いたゲームは、常時ふたつのエージェント間で行われる。今この2体の一方を甲(本編では質問者のこと)、もう一体のを乙(本編では回答者のこと)と定める。以降はそれぞれをエージェント甲、エージェント乙と呼ぶ事もあるし、それぞれ二つの区別を要しない共通の性質について述べる場合は、それぞれを同時に指して単にエージェントと呼ぶこともある。

どのエージェントもふたつの2次元配列を持っている。配列の一方は類推マトリックス、もう一方を幾何マトリックスと呼ぶ。類推マトリックスは有限固定(原理的には有限可変に変えられる)で今モデルの場合は 100×100 の配列と定めている。この100というのはエージェントが持っている単語数に相当し、先にも述べた様にゲームを通じ固定である。また幾何マトリックスは単語数 $\times 2$ で表現されており、ここでは 100×2 となっている。ちなみにこの配列もゲームを通じて要素数は変わらない。

以降、連想配列をAsso、幾何マトリックスをGeoと示す。エージェントの区別をも踏まえる場合は、例えば甲の連想配列を「Asso-甲」などの様に示すことにする。また、100語ある単語の集合をWとあらわす。これもエージェントの区別をする場合、例えば乙の単語の総ての集まりを指す場合は「W-乙」のようにあらわす。

類推マトリックスで表現されているものは連想や類推の行いやすさである。例えば配列Asso[x][y]の中には、単語xから単語yをどれだけ思いつきやすいかという目安を示した実数値が収められており、大きければ大きいほど連想しやすいことをあらわしている。ただ今回の場合は単語yから単語xをどれだけ思いつきやすいか(Asso[y][x])に関する値もAsso[x][y]と同じ値に定めてしまっている。こうした理由については、本編の5. 2節で述べた。

一方、幾何マトリックスは視覚的表現を提供する為に設け

られている。例えばGeo[x][y]には、言葉x(xは或る言葉に対応した整数)のy座標値が代入されている。今Geoには2次元平面の1点を指定できる様にGeoには2次元分の値が存在する。

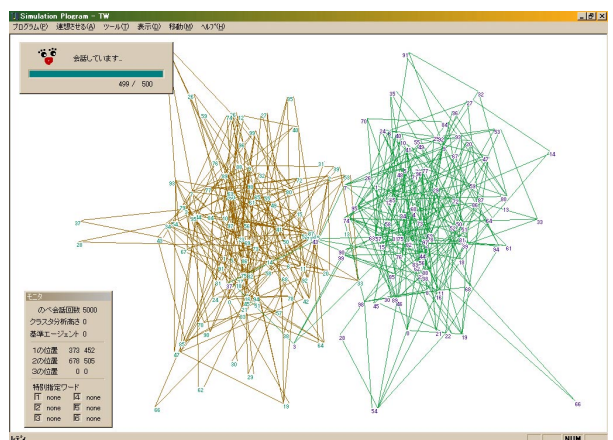
Geoは本編で利用しなかったが、図A-1、図A-2のような表示をシミュレーションで行えるようにするため、エージェントに持たせてあった。今回これを本編用いかなかったのは、これが直接何かを説明できるものでもなかったので使用しなかった。

こう言うこともあり、Geo[x][y]の書き替え規則等に関する詳しい説明をここではしないことにする。



図A-1 クラスタリングを分りよくするための工夫

クラスタ構造を視覚的に提供する為のもので、デンドログラムと対になって機能する。ただ、要素が上手く分散していないために見づらい。2次元に上手く配置して表示させるため、連想マトリックスから主成分を抽出してから行うべきだった。



図A-2 類推可能単語数や類推頻度などを直感的に見るもの

線が多くなればなるほど、類推できるものが多くなる。想起が固定的であると、非流動的になって単語が動きにくくなる。こうしたものを直感的に読み取るためのものとしては機能した。

A. 2 初期化

ゲーム開始前、エージェントそれぞれに或る初期状態が与えられる。これを状態の初期化と呼ぶことにするが、この初期化が行われるとまずAssoとGeoの値がランダムに設定される(C言語ライブラリのランダム関数を利用した)。ここで、異種関係(異種、同種については本編3. 2節参照)を表現する場合はこのままにしておけばよいが、同種関係を表現する場合は、あるエージェントのAssoとGeoのそれぞれの要素に微妙な差をランダムに与え、それを同種関係にしたいエージェントのAssoとGeoにコピーしてやれば作成できる。

ちなみに、配列Assoは初期化された時点で重要な意味をなすが、配列Geoは意味をなさない。配列Geoはゲームを通じて意味の有る数値に変換されていくと言う性質を持っている。

A. 2 ゲーム

ゲームは質問側と回答側の立場が割り当てられて行われる。ここでは便宜上甲が質問者、乙が回答者という形で話を進めるが、実際は交互に入れ替わりながら行われる仕組みになっているので注意願いたい。それから、質問者による1回の質問とそれに対する回答者の1回の回答の組をターン(1ターン)と呼ぶことにする。すなわちゲームはターンの集合で形成されていることになる。

A. 3 ターン

まず質問者(甲)がある言葉 w_1 をひとつ選択する(図A-3)。その時、前のターンに依存して言葉 w_1 が選択される場合も有るし、全く直前のターンとは関係なく $W - 甲$ の中からランダムに選択される場合もある。何れが実行されるかについては本編2. 4節で述べたが、ここでも後で詳しく述べる。

続いて甲はその w_1 に対し想起し得る3つの言葉 w_2, w_3, w_4 を用意する。この3つの言葉は、 $Asso[x][w_1]$ ($x \in W - 甲$) から或る閾値以上、すなわち想起可能な語だけをAssociable-甲配列に一時収めておき、その中からランダムに選ぶように

している。しかしながら必ずしも3つの言葉を選び出せるとは限らないので、3つ用意できなかったときに限り、ひとつ少ない w_2, w_3 の場合も認めている。もしひとつも想起できなかったら、思いつけるようなものを選択できるまで w_1 の決定からやりなおす。

この様に甲より選択された w_2, w_3, w_4 (以下3語選択されたとして話を進める)はようやく質問として回答者(乙)へと渡される。乙はそれを受け取り、甲が w_1 から w_2, w_3, w_4 を想起した時と同じ要領で w_2, w_3, w_4 から w_5 を想起する。無論この w_5 は w_2, w_3, w_4 の何れからでも想起できるものとして選択される言葉である。

こうして選択された w_5 は乙からの回答として甲に渡される。そして甲は予め持っていた(乙の知らない語) w_1 と乙から渡された w_5 を比べて**内部変化**を起し、乙に「想起できる」「想起できない」のいずれかの回答を提示する。乙もその甲からの回答結果を受け取り次第、内部変化を起す。ここで言う内部変化とはAsso-甲とGeo-甲の内容を書き換えることを指し、次から述べるような根拠と規則に基づいて行われる。

A. 4 内部変化

以下の説明ではAsso-甲の変更手続きについてまず述べ、続いて乙が回答の結果を受け取った時にどのような内部変化を起すかについて言及する。図A. 3で概要を記した図を与えてあるので、大まかな挙動を知りたいだけなら、この図を見たほうがよいと思われる。

また、本編で用いた(3. 1)式と(3. 2)式の α, β の値は、これから述べるイベントの毎で変わってくるが、そのイベントとパラメータ($\alpha \cdot \beta$)の対応表を後部の表A. 1から表A. 3で与えたので、それも参考していただきたい。

それから、書き替え規則で共通的に使われる規則として、**忘却規則**というのがある。これは暫らく使われていないと忘れてしまうという現象に即す形をとろうとしたため導入した。強化規則や退化規則を用いる根拠はそのときどきで説明するが、この忘却規則を用いる根拠はいちいち述べない。要は時間が経てば類推できなくなるように図っていると考えていただければよいと

思う。

①Asso-甲配列の書き換え方(4通り)

甲からターンを見たとき、「完全類推」「準完全類推」「不完全類推」「類推不可能」の4通りが想定できる。以降はそれぞれについて類推マトリックスをどのように書き替えるか説明していく。

1) $w_1 = w_5$: 完全類推

w_1 と w_5 が全く一致している場合は、甲から見た相手、すなわち乙に対して w_2, w_3, w_4 から w_1 を想起可能であるから、両者が会話を続けられる為にも、これら語間関係をより強化させておくべきだと言う根拠に基づきAsso-甲 $[w_2][w_1]$ 、Asso-甲 $[w_3][w_1]$ 、Asso-甲 $[w_4][w_1]$ の値を増加(表A. 1、図A. 3)させる。この時、単に増加させるといつか無限大に向かって大きくなってしまい、大変な事に成りかねないので、この無限大へ向かう状況を回避するよう工夫した関数(本編3. 1を参照)を通して増加させる(下がる場合も同様)。また、その他の語との関係、Asso-甲 $[w_2][x]$ 、Asso-甲 $[w_3][x]$ 、Asso-甲 $[w_4][x]$ ($x \in W - \text{甲}, x \neq w_1$)は忘却規則に従って減少する様に演算される。ちなみにこの時、甲が乙に対して示す回答は「類推できる」である。

2) $w_1 \neq w_5, w_5 \in \text{Associable-甲}$: 準完全類推

w_1 と w_5 が全く一致していない時で、かつ甲自身が w_2, w_3, w_4 から想起した場合に選べる単語の集合Associable-甲に w_5 が含まれている場合は、相手の乙は w_2, w_3, w_4 から w_5 が想起できるのだから自分も想起できるようにしておこうという根拠に基づき、Asso-甲 $[w_2][w_5]$ 、Asso-甲 $[w_3][w_5]$ 、Asso-甲 $[w_4][w_5]$ の値を増加させる(表A. 1)。他方、実際に乙は w_1 が連想できなかったからこれからは w_1 の想起を控えさせようと言う根拠に基づいてAsso-甲 $[w_2][w_1]$ 、Asso-甲 $[w_3][w_1]$ 、Asso-甲 $[w_4][w_1]$ の値をやや弱める。そしてその他の関係ではAsso-甲 $[w_2][x]$ 、Asso-甲 $[w_3][x]$ 、Asso-甲 $[w_4][x]$ ($x \in W$

-甲、 $x \neq w_5, x \neq w_1$)は忘却を踏まえて退化する様に演算される。ちなみにこの時、甲が乙に対して示す回答は「類推できる」である。

3) $w_1 \neq w_5, w_5 \notin \text{Associable-甲}$: 不完全類推

w_1 と w_5 が全く一致しておらず、甲自身が w_2, w_3, w_4 から連想できる言葉の集合: Associable-甲の中にも w_5 が含まれていない場合は、乙にとって少なくとも w_5 が連想可能であるのだから自分も想起できるようにしておかなくては、という根拠に基づきAsso-甲 $[w_2][w_5]$ 、Asso-甲 $[w_3][w_5]$ 、Asso-甲 $[w_4][w_5]$ の値を連想可能な状態へと強引に強化する(表A. 1)。それから w_1 についても乙は想起できなかったの、これからはなるだけ使わないことにしようということで、Asso-甲 $[w_2][w_1]$ 、Asso-甲 $[w_3][w_1]$ 、Asso-甲 $[w_4][w_1]$ の値を少なくする。そして、その他、Asso-甲 $[w_2][x]$ 、Asso-甲 $[w_3][x]$ 、Asso-甲 $[w_4][x]$ ($x \in W - \text{甲}, x \neq w_5, x \neq w_1$)は忘却規則により、想起し易さが減る様、演算される。ちなみにこの時、甲が乙に対して示す回答は「類推できない」である。

4) Associable-乙 = ϕ : 類推不可能

乙がそもそも w_2, w_3, w_4 からでは何も想起できない場合、乙から w_5 「類推不可能」のシグナルが甲に渡され、それと同時に以下のような内部変化が甲にて施される。

まず、全く連想できなかったのであるからこれ以降連想しても仕方がないんだなという根拠に基づき、Asso-甲 $[w_2][w_1]$ 、Asso-甲 $[w_3][w_1]$ 、Asso-甲 $[w_4][w_1]$ の値をやや弱められる。そしてその他の関係、Asso-甲 $[w_2][x]$ 、Asso-甲 $[w_3][x]$ 、Asso-甲 $[w_4][x]$ ($x \in \text{Associable-甲}, x \neq w_1$)が相対的に強められる。ちなみにこの場合、甲は乙に対して w_1 を直接提示する。

②Asso-乙配列の書き換え方(3通り)

「類推成功」「類推失敗」「類推不可能」の3つのパターンが想定できる。以降はそれぞれについて書き替えルールを説明していく。

1) 「類推できる」：類推成功

乙が「想起できる」と言うシグナルを甲から受け取った時、乙は甲が想起できるわけだからこれからも想起できるようにしておく必要があるだろうとの考えに基づきAsso-乙[w₂][w₅]、Asso-乙[w₃][w₅]、Asso-乙[w₄][w₅]を強化する(表A. 2)。一方、先と同様、それ以外の言葉との結びつきAsso-乙[w₂][x]、Asso-乙[w₃][x]、Asso-乙[w₄][x] (x ∈ W - 乙, x ≠ w₅)は忘却を踏まえて減少させる。

2) 「類推できない」：類推失敗

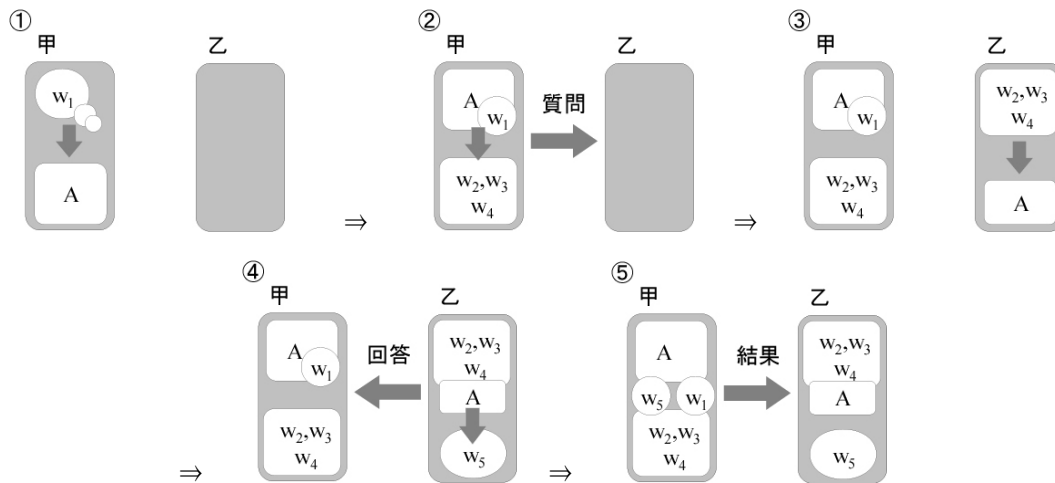
それから「想起できない」と言うシグナルを乙から受け取った時、甲は全く想起できなかったんだからこれからはなるだけ使わない様にしておきたいとの根拠に基づきAsso-乙[w₂][w₅]、Asso-乙[w₃][w₅]、Asso-乙[w₄][w₅]の値を少なくする。それ以外でw₂、w₃、w₄から想起可能なものAsso-乙[w₂][x]、Asso-乙[w₃][x]、Asso-乙[w₄][x] (x ∈ Associable-乙, x ≠ w₅)に関しては、相対的に強化させておく。

3) 類推不可能

乙に類推できない旨が伝わると、甲がもともと類推させたかったw₁が甲から乙に渡される。このとき、乙は初めてw₂、w₃、w₄からw₁が類推できると知ることになる。なるほど、w₁が想起できるのかと言うわけで、Asso-乙[w₂][w₁]、Asso-乙[w₃][w₁]、Asso-乙[w₄][w₁]の値を、想起可能状態へと強引に強化する。

こうして書き替えが終了したとき、次ターンで質問者であるエージェントはw₂、w₃、w₄から連想可能な要素集合Associable-Xから連想可能な言葉w_{next}を取り出しておく。もしw_{next}を無事に取り出せたのなら、w_{next}は次のターンでw₁として利用される。こうして話題性が保存され、次のターンが実行される。

一方、w_{next}以外に連想できなかったり、不完全類推や類推不可能などの場合には、次のターン(甲以外のエージェントが質問者を担当するターン)でははじめに質問者が用意すべきw₁は、任意の言葉を選択する様仕向けられる。



図A. 3 ゲーム1ターンの流れ

この図はゲーム1ターンにおける大まかな流れを示したものである。

- ① 甲がある1語 w_1 を思い浮かべ、そこから想起できる言葉の集合 $A_{甲}$ を求める。
- ② 甲は $A_{甲}$ から、想起できる言葉3語、もしくは2語 $\{w_2, w_3, (w_1)\}$ を求め、これを乙に渡す。
- ③ 乙は $\{w_2, w_3, (w_1)\}$ から想起できる言葉の集合 $A_{乙}$ を求める。
- ④ 乙は $A_{乙}$ から想起できる1語 w_5 を選択し、それを甲に渡す。
- ⑤ 甲は乙からの回答をもとに、諸処の言葉を比較し正しく類推されたか否かを伝える。

質問者	Type1		Type2		Type3[Set- θ]		Type4[Set- θ]		Type5[Set- θ]	
	強化 (α)	退化 (β)	強化 (α)	退化 (β)	強化 (α)	退化 (β)	強化 (α)	退化 (β)	強化 (α)	退化 (β)
完全類推	4	—	—	—	—	8	—	—	—	—
準完全類推	—	11	2.5	—	—	—	—	—	—	8
不完全類推	—	10	※1	—	—	—	—	—	—	8
類推不可能	—	11	—	—	5.7※2	—	—	—	—	—

表A. 1 質問者側のイベントと書き替え規則について

表のは質問者に関するもので、イベントとそれに対する書き替え規則に何が適応されるかを示したものの。もし「—」が要素として指定されていれば、イベントに対し強化、もしくは退化手続きは行わない。逆に数値が入っていると、強化もしくは退化手続きをとり、その要素で指定してある数値を、対応する関数のパラメータ(α か β)に代入し、それを更新規則として使用する。今回使用した、類推度強化・退化関数は本編3. 1節の式(3. 1)と(3. 2)に準ずるものである。

ちなみに定義した更新式からわかるように、パラメータの絶対値が小さければ小さいほど、強化、もしくは退化される割合が大きいことを表している。また、今回のモデルでは、強化に比べて退化する割合が全体的に低いように設定されている。もちろんこれは、退化手続きが強化手続きよりも高い頻度で発生する事を考慮したところもあるが、全体的な数値の出し様関係は、実際の会話での印象を基にしてつけた。

また、表中にある「Type」は、表A. 3に説明したのでここで説明しない。

※ 1 本編3. 1節に示した式(3. 1)と(3. 2)を介さずに強化される。つまり閾値よりも高い値が強制的に代入される。

※ 2 普通はSet = W(言葉の全集合)、 θ = 甲であるが、この※2のときはSet = Associable(w_1 からの連想可能単語からなる集合)、 θ = 甲である。

回答者	Type1		Type2		Type3[Set- θ]		Type4[Set- θ]		Type5[Set- θ]	
	強化 (α)	退化 (β)	強化 (α)	退化 (β)	強化 (α)	退化 (β)	強化 (α)	退化 (β)	強化 (α)	退化 (β)
類推成功	—	—	3	—	—	—	—	8	—	—
類推失敗	—	—	—	10	—	—	5.7※2	—	—	—
類推不可能	※1	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表A. 2 回答者側のイベントと書き替え規則について

表のは回答者に関するもので、イベントとそれに対する書き替え規則に何が適応されるかを示したものの。見方は図A. 2と同じ。

※ 1 本編3. 1節に示した式(3. 1)と(3. 2)を介さずに強化される。つまり閾値よりも高い値が強制的に代入される。

※ 2 普通はSet = W(言葉の全集合)、 θ = 乙であるが、この※2のときはSet = Associable($\{w_2, w_3, w_4\}$ からの連想可能単語からなる集合)、 θ = 乙である。

書き換え対象となる単語の関係	
Type1	$w_1 \leftrightarrow \{w_2, w_3, w_4\}$
Type2	$w_5 \leftrightarrow \{w_2, w_3, w_4\}$
Type3[Set- θ]	$x \leftrightarrow \{w_2, w_3, w_4\}$ ただし $\{x \mid x \in \text{Set-}\theta, x \neq w_1\}$
Type4[Set- θ]	$x \leftrightarrow \{w_2, w_3, w_4\}$ ただし $\{x \mid x \in \text{Set-}\theta, x \neq w_1\}$
Type5[Set- θ]	$x \leftrightarrow \{w_2, w_3, w_4\}$ ただし $\{x \mid x \in \text{Set-}\theta, x \neq w_1, x \neq w_5\}$

表A. 3 Typeの説明

表A. 1、表A. 2で示されたTypeの説明。A \leftrightarrow {B,C}は「AとB」「AとC」という関係を表して。ようするに書き替え対象がどの要素間に対するものかをあらわしたもの。